

才鸿年 马建平 主编

现代



热处理手册

Modern

Heat Treatment Handbook

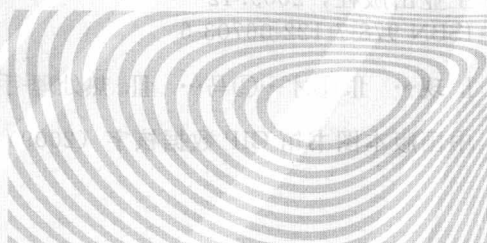


化学工业出版社

才鸿年 马建平 主编

国家 (CIP) 自动登记号

现代



热处理手册

Modern

Heat Treatment Handbook



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

现代热处理手册/才鸿年, 马建平主编. —北京: 化学工业出版社, 2009.12
ISBN 978-7-122-06703-6

I. 现… II. ①才…②马… III. 热处理-手册 IV. TG15-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 170188 号

责任编辑: 丁尚林
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 徐雪华
装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 54½ 字数 1371 千字 2010 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 168.00 元

版权所有 违者必究

序 言

金属热处理是机械制造中的重要工艺之一。金属热处理是将金属工件放在一定的热处理介质中加热到适当的温度,并在此温度中保持一定时间后,又以不同速率冷却的一种工艺方法。金属热处理一般不改变工件的形状和整体材料的化学成分,而是通过改变工件材料的微观组织结构,或改变工件表面材料的化学成分,赋予或改善工件材料的力学、物理和化学性能,从而提高金属材料的强度、硬度或改善其韧性,使工件获得不同的使用性能。

从石器时代进展到铜器时代和铁器时代的过程中,热处理对于改善金属材料性能的作用逐渐被人们所认识。热处理工艺在我国已有悠久的历史,早在公元前 770~前 222 年,中国人在生产实践中发现,铜和铁的性能会因温度和加压变形的影响而变化。商代就已经有了经过再结晶退火的金箔饰物,在洛阳出土的战国时代的铁剑,系由白口铁脱碳退火制成。在战国时代燕都遗址出土的大量兵器,向人们展示了在当时钢件已经采用了淬火、正火、渗碳等工艺。近代出土的秦兵马俑佩带的长剑、箭镞等都有力地证明了当时已经出现铜合金的复合材料,而且还掌握了精湛的表面保护处理方法,从而保持千年不锈。我国热处理工艺最早的史料记载见于《汉书·王褒传》中,明代科学家宋应星在《天工开物》一书中对热处理工艺也有记载。大量事实证明,我国是世界上发展和应用热处理技术最早的国家之一。

1863 年,英国金相学家和地质学家展示了钢铁在显微镜下的六种不同的金相组织,证明了钢在加热和冷却过程中,内部会发生组织改变,在高温环境内,钢中的一种相在急冷条件下会转变为另一种较硬的相。法国人奥斯蒙德确立的铁的同素异构理论,英国人奥斯汀制定的铁-碳相图,为现代热处理工艺初步奠定了理论基础。20 世纪以来,金属物理的发展和其他新技术的移植应用,使金属热处理工艺得到更大发展。一个显著的进展是 1901~1925 年,在工业生产中应用转筒炉进行气体渗碳;20 世纪 30 年代出现露点电位差计,使炉内气氛的碳势达到可控,以后又研究出用二氧化碳红外仪、氧探头等进一步控制炉内气氛碳势的方法;20 世纪 60 年代,热处理技术运用了等离子场的作用,发展了离子渗氮、渗碳工艺;近二十年来,计算机激光、电子束技术的应用,又使金属获得了新的表面热处理和化学热处理方法。

然而,长期的封建统治阻碍了我国科学技术的进步,在相当长的时间内,我国热处理技术的发展处于停滞状态,有些技术甚至失传。新中国成立后,我国的热处理行业在技术规模、技术普及与技术能力方面迅速发展,出现了许多新技术、新工艺、新设备。特别是改革开放以来,在引进、吸收、消化的基础上,我国热处理行业针对不同用途的金属材料,建立了种类齐全、标准健全、工艺规范的热处理流程,开发出一系列具有世界先进水平的热处理工艺和相应的设备,解决了诸多特种金属材料的热处理技术难题,掌握了多类具有自主知识产权的热处理新技术,但从总体上看,和当代世界先进热处理技术水平相比,我国的热处理技术水平,特别是工艺与设备制造水平还有待进一步提高。

为了在行业内进一步推广现代热处理技术,中国兵工学会组织编写了《现代热处理手册》。该手册系统地介绍了金属材料的热处理原理、热处理工艺和热处理设备,手册内容丰富,资料收集齐全,提供的热处理工艺流程清晰,工艺参数详尽,在编写过程中严格执行了

国家标准，手册内容编排系统性好，工程实用性强，是一本国内金属材料热处理行业内工程技术人员必备的技术参考书。

近年来，随着数字化技术在世界范围内的发展，国际上“数字材料”技术、“数值材料”技术、“虚拟材料”技术和“虚拟热处理”技术已经迅速走进材料热处理行业，将材料微观组织结构的组织演化、结构演变同热处理工艺流程联系起来，预测热处理后的材料性能和工件形变程度，可有效提升工件的热处理质量、创新热处理工艺。

《现代热处理手册》的出版发行是件幸事。随着高新技术在热处理工艺与设备制造中的应用，许多更为先进的热处理工艺与设备必将被推出，加之时间推移，知识的更新，本手册还要不断更新，注入新的技术内容，使之更贴近于读者，更贴近于热处理实践。

中国兵工学会秘书长 王智忠
兵器工业集团 53 研究所所长 任陵柏
2010 年 1 月

前 言

金属热处理是在固态下将金属或合金加热到一定的温度、保持一定的时间,然后用不同的冷却速度冷却下来,通过对加热速度、加热温度、保温时间、冷却速度四个要素的有机配合,使其发生相的转变,形成各种各样的组织结构,从而获得所需要的使用性能的一种热加工工艺。为保证机械产品的质量和使用寿命,通常重要的机械零件都是要经过热处理的。例如,机床制造业中有 60%~70% 的零件要进行热处理,汽车和拖拉机制造业中有 70%~80% 的零件要进行热处理,工模具制造业中则 100% 要进行热处理。而且,只要选材合适,热处理得当,就能使机械零件的使用寿命成倍提高,达到事半功倍的效果。因此,热处理是机械零件和工模具制造过程中的关键工序,也是机械工业的一项重要基础技术。它对于充分发挥金属材料的性能潜力,提高产品的内在质量,延长产品的使用寿命,提高经济效益都具有十分重要的意义。

国外热处理技术发展很快,包括可控气氛热处理、真空热处理、离子热处理、化学热处理、高能率热处理以及电子计算机、激光技术与电子束技术在热处理中的应用等,节能节材的工艺和设备也在不断地发展。我国的热处理技术也有了很大的发展。目前,全国各类热处理专业厂、热处理设备制造厂、热处理工艺材料生产厂以及主机厂的热处理分厂、车间约近 15000 家,从业人员约 37 万人。全国热处理加热设备(以 75kW 为一标准台)约 15 万台,装机容量 1100 万千瓦。每台设备平均生产率 100kg/h,15 万台加热设备的年生产能力近 4500 万吨。

虽然我国在热处理的基础理论研究和某些热处理新工艺研究方面,与工业发达国家的差距不大,但在热处理设备和实际生产水平方面却存在着较大的差距,还没有完全扭转热处理工艺和热处理设备落后、氧化脱碳严重、产品质量差、生产效率低、能耗大、成本高、污染严重等局面。为促进我国热处理技术的发展,应全面了解国内外热处理技术的现状和水平,掌握其发展趋势,大力发展先进的热处理新技术、新工艺、新材料、新设备,用高新技术改造传统的热处理技术,实现“优质、高效、节能、降耗、无污染、低成本、专业化生产”。

为了普及金属热处理工艺的基础知识,推广并宣传热处理工艺技术及其研究与应用成果,中国兵工学会组织编写了《现代热处理手册》一书。全书共 13 章,较为详细地介绍了金属热处理的基础知识、金属热处理加热与冷却、钢铁件的整体热处理、表面加热热处理、化学热处理、形变热处理、铁基合金的热处理、功能合金的热处理、非铁金属的热处理、典型零件热处理、热处理设备和辅助材料、热处理质量控制与检验和热处理常用特性曲线及参数等内容,是金属材料行业与机械制造行业从业人员,特别是材料研究、产品设计、制造加工、管理销售和教学人员必备的工具书。

本书突出实用性、先进性和可操作性,理论叙述从简,侧重用实用数据和实例说明问题,语言精练,数据可靠,图文并茂,可查阅性强。相信本书的出版发行对我国的金属热处理工艺技术的发展及普及有一定的促进或推动作用。

由于编者水平有限,文中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

中国工程院院士 才鸿年

2010 年 1 月

目 录

第1章 基础知识	1
1.1 基本概念与术语	1
1.1.1 金属热处理工艺的基本概念与术语	1
1.1.2 热处理工艺材料的基本概念与术语	15
1.2 金属热处理分类及代号	18
1.2.1 基础分类	18
1.2.2 附加分类	19
1.2.3 常用热处理工艺及代号	19
1.3 元素对金属性能的影响	20
1.3.1 合金元素对钢的性能影响	20
1.3.2 化学元素对有色金属性能的影响	22
1.4 热处理技术要求在零件图样上的表示方法	24
1.4.1 热处理技术条件采用的符号表示法	24
1.4.2 基本表示方法	24
1.4.3 正火、退火及淬火回火(含调质)零件	25
1.4.4 表面淬火零件	25
1.4.5 渗碳和碳氮共渗零件	27
1.4.6 渗氮(氮化)零件	28
1.5 合金相图	29
1.5.1 铁碳系合金相图	29
1.5.2 其他铁基合金相图	32
1.5.3 铝基、铜基及钛基合金相图	35
参考文献	37
第2章 金属热处理加热与冷却	39
2.1 金属热处理的加热	39
2.1.1 简介	39
2.1.2 可控气氛热处理	45
2.1.3 加热熔盐	77
2.1.4 流体床	79
2.1.5 真空中的加热	83
2.2 金属热处理的冷却	95
2.2.1 热处理的各种冷却方式与特点	95
2.2.2 热处理用空气冷却器	96
2.2.3 淬火冷却介质	99
参考文献	118
第3章 钢铁件的整体热处理	120
3.1 钢件的热处理	120
3.1.1 钢件的退火与正火	120
3.1.2 钢的淬火	133
3.1.3 钢的回火	147
3.1.4 钢的感应穿透加热调质	157
3.2 铸铁的热处理	159
3.2.1 简介	159
3.2.2 铸铁热处理基础	162
3.2.3 灰铸铁的常规热处理	164
3.2.4 球墨铸铁的热处理	172
3.2.5 白口铸铁的热处理	188
3.2.6 可锻铸铁的热处理	192
参考文献	197
第4章 表面加热热处理	199
4.1 感应加热表面热处理	199
4.1.1 感应加热基本原理	199
4.1.2 感应淬火工艺	200
4.1.3 超高频脉冲和大功率脉冲感应淬火	213
4.1.4 感应淬火件的回火	213
4.1.5 高频感应加热表面淬火后的组织与性能	215
4.1.6 感应加热表面淬火的常见质量缺陷及返工措施	217
4.2 火焰加热表面淬火	219
4.2.1 火焰加热淬火的特点	219
4.2.2 火焰淬火方法	220
4.2.3 火焰喷嘴和燃料气	220
4.2.4 火焰淬火工艺规程	221
4.3 激光热处理	225
4.3.1 激光的原理、特性和加热金属的热学分析	225
4.3.2 激光热处理工艺及其优点	227
4.4 电子束热处理	230

4.4.1 电子束热处理的特点	230	5.7.3 钢的渗硫	291
4.4.2 电子束加热表面淬火	231	5.8 离子化学热处理	292
4.4.3 电子束表面合金化	232	5.8.1 简介	292
4.5 其他表面热处理	233	5.8.2 离子渗氮	294
4.5.1 电解液加热表面淬火	233	5.8.3 离子氮碳共渗	303
4.5.2 电接触加热表面淬火	234	5.8.4 离子渗碳及碳氮共渗	305
4.5.3 浴炉加热表面淬火	235	5.8.5 离子渗硫及含硫介质的多元 共渗	308
4.5.4 灰铸件的表面强化处理工艺	235	5.8.6 离子渗硼	310
参考文献	236	5.8.7 离子渗金属	312
第5章 化学热处理	238	参考文献	314
5.1 简介	238	第6章 形变热处理	315
5.1.1 基本概念	238	6.1 简介	315
5.1.2 常用化学热处理方法与作用	238	6.1.1 简化分类法	315
5.1.3 化学热处理的过程与工艺参数	238	6.1.2 热处理阶段性分类法	317
5.2 钢的渗碳	239	6.2 形变热处理强韧化机理与影响因素	320
5.2.1 渗碳原理	239	6.2.1 形变热处理强韧化的机理	320
5.2.2 渗碳工艺	241	6.2.2 影响形变热处理强韧化效果的 工艺因素	322
5.2.3 气体渗碳工艺	245	6.3 低温形变热处理	323
5.2.4 液体渗碳	248	6.3.1 工艺过程	323
5.2.5 固体渗碳	250	6.3.2 工艺参数	323
5.2.6 渗碳后的热处理	252	6.3.3 钢低温形变热处理的组织变化	326
5.2.7 渗碳层的组织和性能	253	6.3.4 钢低温形变热处理后的力学 性能	327
5.2.8 渗碳件常见缺陷及防止措施	254	6.3.5 等温形变热处理	331
5.3 钢的渗氮(简称硬氮化)	254	6.4 高温形变热处理	333
5.3.1 简介	254	6.4.1 高温形变热处理工艺参数	333
5.3.2 气体渗氮	255	6.4.2 钢高温形变淬火的组织变化	335
5.3.3 离子渗氮(离子氮化)	262	6.4.3 钢高温形变热处理后的力学 性能	337
5.3.4 渗氮后的组织与性能变化	264	6.4.4 钢的锻热淬火	342
5.4 钢的碳氮共渗(以渗碳为主)	266	6.4.5 控制轧制	344
5.4.1 钢的碳氮共渗(以渗碳为主)	266	6.4.6 非调质钢	345
5.4.2 钢的氮碳共渗(软氮化)	272	6.5 表面形变热处理	346
5.5 硫氮共渗、氧氮共渗与硫氮碳共渗	276	6.5.1 表面高温形变淬火	346
5.5.1 硫氮共渗	276	6.5.2 预冷形变表面形变热处理	346
5.5.2 氧氮共渗	277	6.6 形变化学热处理	348
5.5.3 硫氮碳共渗	277	6.6.1 形变对扩散过程的影响	348
5.6 渗金属热处理	279	6.6.2 钢件化学热处理后的冷形变	349
5.6.1 钢的渗铬	279	6.6.3 钢件化学热处理后的表面高温形 变淬火	349
5.6.2 渗铝	281	6.6.4 钢件晶粒多边形化处理后的化学热 处理	349
5.6.3 以渗铝为主的共渗	283		
5.6.4 渗锌	284		
5.6.5 渗硅、钛、钨、钼、钒、锰	285		
5.7 钢的渗非金属热处理	286		
5.7.1 钢的渗硼	286		
5.7.2 以渗硼为主的共渗与复合渗	290		

参考文献	350
第7章 铁基粉末冶金、硬质合金与 高温合金的热处理	351
7.1 铁基合金的热处理	351
7.1.1 铁基合金材料	351
7.1.2 铁基粉末冶金件的热处理	355
7.1.3 铁基粉末冶金件热处理实例与 性能	364
7.2 粉末高速钢的热处理	368
7.2.1 粉末高速钢类别和性能	368
7.2.2 热等静压和热挤压粉末高速钢	369
7.3 钢结硬质合金的热处理	369
7.3.1 钢结硬质合金的热处理工艺	369
7.3.2 热处理后钢结硬质合金的组织与 性能	372
7.4 硬质合金的热处理	376
7.4.1 退火	376
7.4.2 淬火	377
7.4.3 时效硬化	377
7.5 高温合金的热处理	378
7.5.1 铁基、镍基高温合金的热处理	378
7.5.2 钴基高温合金的热处理	379
7.5.3 铸造高温合金热处理	380
7.5.4 高温合金的退火	381
参考文献	381
第8章 功能合金的热处理	383
8.1 磁性合金的热处理	383
8.1.1 软磁合金热处理	383
8.1.2 永磁合金的热处理	390
8.2 膨胀合金的热处理	399
8.2.1 低膨胀合金的热处理	399
8.2.2 铁磁性定膨胀合金的热处理	401
8.2.3 无磁性定膨胀合金的热处理	406
8.2.4 高膨胀合金的热处理	409
8.3 弹性合金的热处理	411
8.3.1 高弹性合金的热处理	411
8.3.2 恒弹性合金的热处理	427
8.4 形状记忆合金及其定形热处理	433
8.4.1 超弹性和形状记忆效应	433
8.4.2 钛镍形状记忆合金	434
8.4.3 铜基形状记忆合金	440
参考文献	445
第9章 非铁金属的热处理	446

9.1 铝和铝合金的热处理	446
9.1.1 变形合金铝的热处理	446
9.1.2 铸造铝合金热处理	450
9.1.3 铝合金的热处理缺陷	456
9.2 铜和铜合金的热处理	458
9.2.1 简介	458
9.2.2 黄铜的热处理	459
9.2.3 青铜的热处理	460
9.2.4 白铜及其热处理	467
9.3 钛及钛合金的热处理	468
9.3.1 钛及钛合金的常规热处理工艺	468
9.3.2 钛合金热处理的改进工艺	471
9.3.3 钛合金热处理后的性能	472
9.4 镁合金的热处理	473
9.4.1 镁合金的热处理的主要方法	473
9.4.2 热处理设备和工艺过程	473
9.4.3 镁合金热处理的工艺操作	474
9.4.4 热处理缺陷及防止方法	478
9.5 贵金属基合金的热处理	478
9.5.1 贵金属基合金的热处理的特点	478
9.5.2 贵金属基合金的热处理	479
参考文献	486
第10章 典型零件热处理	487
10.1 热处理工艺的制定、程序与零件热 处理的工艺性	487
10.1.1 热处理工艺的制定与程序	487
10.1.2 典型热处理的工艺性	492
10.2 齿轮的热处理与检验	510
10.2.1 齿轮受力状态和失效特征	510
10.2.2 齿轮材料	511
10.2.3 齿轮的热处理与检验	512
10.2.4 球墨铸铁齿轮的热处理	519
10.3 轴承的热处理	521
10.3.1 轴承钢的热处理	521
10.3.2 轴承零件的热处理	523
10.4 大型锻件的热处理	539
10.4.1 大型锻件的缺陷与锻后热 处理	539
10.4.2 大型锻件的最终热处理	543
10.5 弹簧的热处理与检验	545
10.5.1 弹簧的工作条件与性能要求	545
10.5.2 弹簧用钢	545
10.5.3 弹簧钢的热处理	546
10.6 模具的热处理	549

10.6.1 冷作模具钢的热处理	549	11.6.2 电子束表面改性装置	612
10.6.2 热作模具钢的热处理	550	11.7 热处理冷却设备	614
10.6.3 3Cr2W8V 钢制铝合金压铸模的 热处理	550	11.7.1 炉冷设备	614
10.7 工具钢的热处理	551	11.7.2 淬火浴槽	614
10.7.1 刀具钢	551	11.7.3 淬火槽	614
10.7.2 低合金工具钢的热处理	552	11.7.4 特殊冷却槽	615
10.7.3 高速钢的热处理	553	11.8 热处理辅助设备与常用材料	616
10.7.4 刀具的热处理	555	11.8.1 热处理辅助设备	616
10.8 量具的热处理	557	11.8.2 耐火材料和特性	620
10.8.1 量具用钢	557	参考文献	621
10.8.2 量具的热处理	557	第 12 章 热处理质量控制和检验	622
10.8.3 GCr15 块规的热处理	558	12.1 热处理质量控制	622
10.9 典型调质零件的热处理	558	12.1.1 热处理基础条件质量控制	622
10.9.1 汽车半轴的热处理	558	12.1.2 热处理前的质量控制	626
10.9.2 连杆螺栓的热处理	560	12.1.3 热处理过程中的质量控制	639
10.10 活塞销的热处理	560	12.2 热处理质量的检验方法	650
10.10.1 简介	560	12.2.1 化学成分检验	650
10.10.2 材料的选用	561	12.2.2 金属材料宏观组织检验与断口 分析	653
10.10.3 活塞销的热处理	561	12.2.3 硬度检验	656
参考文献	562	12.2.4 金相检验	659
第 11 章 热处理设备和辅助材料	565	12.2.5 无损检测	661
11.1 热处理电阻炉	565	12.2.6 裂纹的分析	665
11.1.1 简介	565	12.3 热处理质量检验	666
11.1.2 电阻炉炉体结构	570	12.3.1 热处理零件必须要检验的 项目	666
11.1.3 电阻炉型号与技术参数	572	12.3.2 淬火质量检验	668
11.2 热处理浴炉、流态床炉与流态粒 子炉	577	12.3.3 渗碳件质量检验	669
11.2.1 浴炉	577	12.3.4 碳氮共渗件质量检验	671
11.2.2 流态床炉的规格与技术数据	582	12.3.5 气体渗氮件质量检验	672
11.2.3 流动粒子炉	584	12.3.6 氮碳共渗件质量检验	674
11.3 真空与等离子热处理炉	585	12.3.7 冷作模具热处理质量检验	676
11.3.1 真空炉	585	12.3.8 热作模具热处理质量检验	677
11.3.2 等离子热处理炉	592	12.3.9 高速工具钢质量检验	677
11.4 热处理燃料炉	595	12.3.10 感应加热热处理件质量检验	683
11.4.1 简介	595	12.3.11 火焰淬火件质量检验	687
11.4.2 主要炉型、结构与应用	595	12.3.12 铸造铝合金铝锭及铸件针孔度 检验	687
11.4.3 常用燃料	596	12.3.13 铸造 Al-Si 系合金变质处理显微 组织检验	688
11.4.4 燃料炉的技术规格与参数	598	12.3.14 ZL10 系铸造铝合金过烧 检验	690
11.5 热处理感应加热及火焰加热装置	601	12.3.15 铍青铜零件热处理质量检验	691
11.5.1 感应热处理设备	601	12.3.16 渗硼件的热处理质量检验	692
11.5.2 火焰表面加热装置	604		
11.6 表面改性热处理设备	609		
11.6.1 激光表面热处理装置	609		

12.3.17 钢的热浸镀锌质量检验	693	13.1.2 高温合金	724
12.3.18 高速钢刀具氧氮共渗的质量 检验	693	13.2 常用钢热处理特性曲线图	729
参考文献	693	13.3 常用钢的淬透性曲线	833
第 13 章 热处理常用特性曲线与 参数	695	13.4 常用钢回火方程	855
13.1 常用金属材料热处理工艺参考 数据	695	13.5 钢的温度色与回火温度色	857
13.1.1 钢	695	13.5.1 钢的温度色	857
		13.5.2 回火温度色	857
		参考文献	857

第1章 基础知识

金属材料热处理是将钢在固态下加热到预定温度,并在该温度下保持一段时间,然后以一定的速度冷却下来的一种热处理工艺。其目的就是改变钢的内部组织结构,以改善钢的性能。通过适当的热处理可以显著提高钢的力学性能,延长机器零件的使用寿命。

制定正确的热处理工艺,保证热处理质量,首先需要了解金属热处理的基础知识。本章主要介绍了金属热处理基本概念与术语,金属热处理分类,热处理技术要求的表示方法以及合金相图等。

1.1 基本概念与术语

1.1.1 金属热处理工艺的基本概念与术语 (依据 GB/T 7232—1999)

1.1.1.1 综合类

(1) 热处理 采用适当的方式对金属材料或工件(以下简称工件)进行加热、保温和冷却以获得预期的组织结构与性能的工艺。

(2) 整体热处理 对工件整体进行穿透加热的处理。

(3) 化学热处理 将工件置于适当的活性介质中加热、保温,使一种或几种元素渗入它的表层,以改变其化学成分、组织和性能的热处理。

(4) 化合物层 化学热处理、物理气相沉积和化学气相沉积时在工件表面形成的化合物层。

(5) 扩散层 化学热处理时工件化合物层之下的渗层和化学气相沉积时化合物溶解并进行扩散的内层,统称扩散层。

(6) 表面热处理 为改变工件表面的组织和性能,仅对其表面进行热处理的工艺。

(7) 局部热处理 仅对工件的某一部分或几个部位进行热处理的工艺。

(8) 预备热处理 为调整原始组织,以保证工件最终热处理或(和)切削加工质量,预先进行热处理的工艺。

(9) 真空热处理 在低于 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ (通常是 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ Pa}$) 的环境中加热的热处理工艺。

(10) 光亮热处理 工件在热处理过程中基本不氧化,表面保持光亮的热处理。

(11) 磁场热处理 为改变某些铁磁性材料的磁性能而在磁场中进行的热处理。

(12) 可控气氛热处理 为达到无氧化、无脱碳或按要求增碳的目的,在成分可控的炉气中进行的热处理。

(13) 保护气氛热处理 在工件表面不氧化的气氛或惰性气体中进行的热处理。

(14) 离子轰击热处理 在低于 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ (通常 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ Pa}$) 的特定气氛中利用工件(阴极)和阳极之间等离子体辉光放电进行的热处理。

(15) 流态床热处理 工件在由气流和悬浮其中的固体粉粒构成的流态层中进行的热处理。

(16) 高能束热处理 利用激光、电子束、等离子弧、感应涡流或火焰等高功率密度能源加热工件的热处理工艺的总称。

(17) 稳定化热处理 为使工件在长期服役的条件下形状和尺寸变化能够保持在规定范围内的热处理。

(18) 形变热处理 将塑性变形和热处理结合,以提高工件力学性能的复合工艺。

(19) 复合热处理 将多种热处理工艺合理组合,以便更有效地改善工件使用性能的复合工艺。

(20) 修复热处理 指对长期运行后的热处理件(工件)在尚未发生不可恢复的损伤之前,通过一定的热处理工艺,使其组织结构得以改善,使用性能或(和)几何尺寸得以恢复,服役寿命得以延长的热处理技术。

(21) 清洁热处理 作为一种可持续发展的生产方式之一的清洁热处理,主要包括少、无污染,少、无氧化与节能的热处理技术。它反映了经济效益、社会效益与环境效益的统一。

(22) 热处理工艺周期 通过加热、保温、冷却,完成一种热处理工艺过程的周期。

(23) 加热制度 对一个工艺周期内工件或加热介质在加热阶段温度变化的规定。

(24) 预热 为减少畸变,避免开裂,在工件加热至最终温度前进行的一次或数次阶段性加热保温过程。

(25) 加热速度 在给定温度区间,单位时间内工件或介质温度的平均增值。

(26) 差温加热 有目的地在工件中产生温度梯度的加热。

(27) 纵向移动加热 工件在热源内纵向连续移动或热源沿工件纵向连续移动进行的加热。

(28) 旋转加热 工件在热源内(外)旋转进行的加热。

(29) 保温 工件或加热介质在工艺规定温度下恒温保持一定时间的操作。恒温保持的时间和温度分别称保温时间和保温温度。

(30) 有效厚度 工件各部位壁厚不同时,如按某处壁厚确定加热时间以保证热处理质量,则该处的壁厚称为工件的有效厚度。

(31) 奥氏体化 工件加热至 A_{c_3} 或 A_{c_1} 以上,以全部或部分获得奥氏体组织的操作称为奥氏体化。工件进行奥氏体化的保温温度和保温时间分别称为奥氏体化温度和奥氏体化时间。

(32) 可控气氛 成分可按氧化-还原、增碳-脱碳效果控制的炉中气体混合物。其中包括放热式气氛、吸热式气氛、放热-吸热式气氛、有机液体裂解气氛、氮基气氛、氨制备气氛、木炭制备气氛和氢气气氛等。

(33) 吸热式气氛 将气体燃料和空气以一定比例混合,在一定的温度与催化剂作用下通过吸热反应裂解生成的气氛。可燃,易爆,具有还原性。一般用作工件的无脱碳加热介质或渗碳时的载气。

(34) 放热式气氛 将气体燃料和空气以接近完全燃料的比例混合,通过燃烧、冷却、除尘等过程而制备的气氛。根据 H_2 、 CO 的含量可分为浓型和淡型两种。浓型可燃,易爆,可作为退火、正火和淬火的无氧化、微脱碳加热保护气氛。淡型不可燃,不易爆,可作为无氧化加热保护气氛和使用吸热式气氛时排除炉中空气的置换气氛。

(35) 放热-吸热式气氛 用吸热式气氛发生器原理制备,吸热式气氛的热源是放热式的

燃烧反应。燃烧产物加少量燃料即可进行吸热式反应。这种气氛兼有吸热和放热两种气氛的用途，且制备成本低，具有节能效果。

(36) 滴注式气氛 把含碳有机液体（一般用甲醇）定量滴入加热到一定温度、密封良好的炉内，在炉内裂解形成的气氛。甲醇裂解气可用作渗碳载气，添加乙酸乙酯、丙酮、异丙醇、煤油等可提高碳势，作为渗碳气氛。

(37) 氮基气氛 一般指含氮在90%以上的混合气体，精净化放热式气氛、空气液化分馏氮气、用碳分子筛常温空气分离制氮和薄膜空分制氮的气氛都属此类。目前两种气氛使用较多。氮基气氛，即使是高纯氮也含微量氧，直接使用不能使工件获得无氧化加热效果，一般需添加少量甲醇。氮基气氛可用作工件无氧化加热保护气氛，也可用作渗碳载气。

(38) 合成气氛 把纯氮和甲醇裂解气按一定比例混合可视作吸热式气氛作为渗碳载气，此即合成气氛。碳分子筛和薄膜空分制氮法问世后，配制合成气氛被认为是一种便宜和节能的可控气氛制备方法。尤其是在我国，采用合成气氛是解决制备可控气氛气源的一条主要途径。

(39) 直生式气氛 将气体燃料和空气按吸热式气氛的比例配好，直接通入渗碳炉中，在炉内裂解成所需成分的气氛。利用氧探头和微处理机以及碳势控制系统，可以实现这种气氛的碳势精确控制。采用直生式气氛省略了气体发生炉，可以减少能耗。

(40) 中性气氛 在给定温度下不与被加热工件发生化学反应的气氛。

(41) 氧化气氛 在给定温度下与被加热工件发生氧化反应的气氛。

(42) 还原气氛 在给定温度下可使金属氧化物还原的气氛。

(43) 冷却制度 对工件热处理冷却条件（冷却介质、冷却速度）所作的规定。

(44) 冷却速度 热处理冷却过程中，在某一指定温度区间或某一温度下，工件温度随时间下降的速率。前者称为平均冷却速度，后者称为瞬时冷却速度。

(45) 马氏体临界冷却速度 工件淬火时可抑制非马氏体转变的冷却速度下限。

(46) 冷却曲线 显示热处理冷却过程中工件温度随时间变化的曲线。

(47) 特性冷却曲线 规定试样的心部冷却速度随温度变化的特性曲线，它反映了液态介质对试样在不同温度下的冷却速度。

(48) 炉冷 工件在热处理炉中加热保温后，切断炉子能源，使工件随炉冷却的方式。

(49) 淬冷烈度（淬火冷却烈度） 表征淬火介质从热工件中吸取热量的能力的指标，以 H 值来表示。几种介质的淬火冷却烈度见表1-1。

表 1-1 淬火冷却烈度 H

搅动情况	空气	油	水	盐水
静止	0.02	0.25~0.30	0.9~1.0	2.0
中等	—	0.35~0.40	1.1~1.2	—
强	—	0.50~0.80	1.6~2.0	—
强烈	0.08	0.80~1.10	4.0	5.0

(50) 等温转变 工件奥氏体化后，冷却到临界点（ A_{r1} 或 A_{r3} ）以下等温保持时过冷奥氏体发生的转变。

(51) 连续冷却转变 工件奥氏体化后以不同冷却速度连续冷却时过冷奥氏体发生的转变。

(52) 等温转变图 [奥氏体等温转变图（TTT 曲线图）] 过冷奥氏体在不同温度等温保

持时, 温度、时间与转变产物所占百分数 (转变开始及转变终止) 的关系曲线图。

(53) 连续冷却转变图 [奥氏体连续冷却转变图 (CCT 曲线图)] 工件奥氏体化后连续冷却时, 过冷奥氏体开始转变及转变终止的时间、温度及转变产物与冷却速度之间的关系曲线图。

(54) 孕育期 工件的不平衡组织在给定温度恒温保持时, 从到达该温度至开始发生组织转变所经历的时间。

1.1.1.2 退火类

(1) 退火 工件加热到适当温度, 保持一定时间, 然后缓慢冷却的热处理工艺。

(2) 再结晶退火 经冷却塑性变形加工的工件加热到再结晶温度以上, 保持适当时间, 通过再结晶使冷变形过程中产生的晶体原缺陷基本消失, 重新形成均匀的等轴晶粒, 以消除形变强化效应和残余应力的退火。

(3) 等温退火 工件加热到高于 A_{c_3} (或 A_{c_1}) 的温度, 保持适当时间后, 较快地冷却到珠光体转变温度区间的适当温度并等温保持, 使奥氏体转变为珠光体类组织后在空气中冷却的退火。

(4) 球化退火 为使工件中的碳化物球化而进行的退火。

(5) 预防白点退火 为防止工件在热变形加工后的冷却过程中因氢呈气态析出而形成发裂 (白点), 在形变加工完结后直接进行的退火。其目的是使氢扩散到工件之外。

(6) 脱氢处理 在工件组织不发生变化的条件下, 通过低温加热、保温, 使工件内的氢向外扩散进入大气中的退火。

(7) 光亮退火 工件在热处理过程中基本不氧化, 表面保持光亮的退火。

(8) 中间退火 为消除工件形变强化效应, 改善塑性, 便于实施后继工序而进行的工序间退火。

(9) 均匀化退火 以减少工件化学成分和组织的不均匀程度为主要目的, 将其加热到高温并长时间保温, 然后缓慢冷却的退火。

(10) 稳定化退火 为使工件中微细的显微组成沉淀或球化的退火。例如某些奥氏体不锈钢在 850°C 附近进行稳定化退火, 沉淀出 TiC 、 NbC 、 TaC , 防止耐晶间腐蚀性降低。

(11) 去应力退火 为去除工件塑性变形加工、切削加工或焊接造成的内应力及铸件内存在的残余应力而进行的退火。

(12) 完全退火 将工件完全奥氏体化后缓慢冷却的退火。

(13) 不完全退火 将工件部分奥氏体化后缓慢冷却的退火。

(14) 晶粒粗化退火 将工件加热至比正常退火较高的温度, 保持较长时间, 使晶粒粗化以改善材料被切削加工性能的退火。

(15) 双联退火 中间冷至室温, 前后接续的两次退火。

(16) 快速退火 采用高能束或其他能源将工件加热至比正常退火较高的温度并短暂保温的退火。

(17) 亚相变点退火 工件在低于 A_{c_1} 的温度进行退火工艺的总称。其中包括亚相变点球化退火、再结晶退火、去应力退火等。

(18) 连续退火 用连续作业炉实施的退火。

(19) 可锻化退火 使成分适宜的白口铸铁中的碳化物分解并形成团絮状石墨的退火。

(20) 石墨化退火 为使铸铁内莱氏体中的渗碳体或 (和) 游离渗碳体分解而进行的退火。

- (21) 装箱退火 将工件装入有保护介质的密封容器中加热的退火。
 - (22) 真空退火 在低于 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ (通常是 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ Pa}$) 的环境中进行的退火。
 - (23) 感应加热退火 利用感应涡流加热进行的退火。
 - (24) 火焰退火 利用火焰加热进行的退火。
 - (25) 等温形变珠光体化处理 工件加热奥氏体化后, 过冷到珠光体转变区的中段, 在珠光体形成过程中塑性加工成形的联合工艺。
 - (26) 晶粒细化处理 以减小工件晶粒尺寸或改善组织均匀性为目的而进行的热处理。
 - (27) 正火 工件加热奥氏体化后在空气中冷却的热处理工艺。
 - (28) 二段正火 工件加热奥氏体化后, 在静止的空气中冷却到 A_{c1} 附近即转入炉中缓慢冷却的正火。
 - (29) 等温正火 工件加热奥氏体化后, 采用强制吹风快冷到珠光体转变区的某一温度, 并保温以获得珠光体型组织, 然后在空气中冷却的正火。
 - (30) 两次正火 (多重正火) 工件 (主要为铸锻件) 进行两次或两次以上的重复正火。
- ### 1.1.1.3 淬火类
- (1) 淬火 工件加热奥氏体化后以适当方式冷却获得马氏体或 (和) 贝氏体组织的热处理工艺。最常见的有水冷淬火、油冷淬火、空气淬火等。
 - (2) 淬火冷却 (淬冷) 工件淬火周期中的冷却部分。
 - (3) 局部淬火 仅对工件需要硬化的局部进行的淬火。
 - (4) 表面淬火 仅对工件表面层进行的淬火, 其中包括感应淬火、接触电阻加热淬火、火焰淬火、激光淬火、电子束淬火等。
 - (5) 气冷淬火 专指在真空中加热和在高循环的负压、常压或高压的中性和惰性气体中进行的淬火冷却。
 - (6) 风冷淬火 以强迫流动的空气或压缩空气作为冷却介质的淬火冷却。
 - (7) 盐水淬火 以盐类的水溶液作为冷却介质的淬火冷却。
 - (8) 有机聚合物水溶液淬火 以有机高分子聚合物的水溶液作为冷却介质的淬火冷却。
 - (9) 喷雾淬火 用喷射液流作为冷却介质的淬火冷却。
 - (10) 喷雾冷却 工件在水和空气混合喷射的雾中进行的淬火冷却。
 - (11) 热浴淬火 工件在熔盐、熔碱、熔融金属或高温油等热浴中进行的淬火冷却。如盐浴淬火、铅浴淬火、碱浴淬火等。
 - (12) 双介质淬火 (双液淬火) 工件加热奥氏体化后先浸入冷却能力强的介质, 在组织即将发生马氏体转变时立即转入冷却能力弱的介质中冷却。
 - (13) 加压淬火 (模压淬火) 工件加热奥氏体化后在特定夹具夹持下进行的淬火冷却, 其目的在于减少淬火冷却畸变。
 - (14) 透淬 工件表面至心部全部硬化的淬火。
 - (15) 贝氏体等温淬火 (等温淬火) 工件加热奥氏体化后快冷到贝氏体转变温度区间等温保持, 使奥氏体转变为贝氏体的淬火。
 - (16) 马氏体分级淬火 (分级淬火) 工件加热奥氏体化后浸入温度稍高或稍低于 M_s 点的碱浴或盐浴中保持适当时间, 在工件整体达到介质温度后取出空冷以获得马氏体的淬火。
 - (17) 亚温淬火 亚共析钢制工件在 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 温度区间奥氏体化后淬火冷却, 获得马氏体及铁素体组织的淬火。

(18) 直接淬火 工件渗碳后直接淬火冷却的工艺。

(19) 两次淬火 工件渗碳冷却后, 先在高于 A_{c_3} 的温度奥氏体化并淬火以细化心部组织, 随即在略高于 A_{c_1} 的温度奥氏体化以细化渗层组织的淬火。

(20) 自冷淬火 工件局部或表层快速加热奥氏体化后, 加热区的热量自行向未加热区传导, 从而使奥氏体化区迅速冷却的淬火。

(21) 脉冲淬火 用高功率密度的脉冲能束使工件表层加热奥氏体化, 热量随即在极短的时间内传入工件内部的自冷淬火。

(22) 电子束淬火 以电子束作为能源, 以极快的速度加热工件的自冷淬火。

(23) 激光淬火 以激光作为能源, 以极快的速度加热工件的自冷淬火。

(24) 火焰淬火 利用氧-乙炔 (或其他可燃气体) 火焰使工件表层加热并快速冷却的淬火。

(25) 感应淬火 利用感应电流通过工件所产生的热量, 使工件表层、局部或整体加热并快速冷却的淬火。

(26) 接触电阻加热淬火 借助电极 (高导电材料的滚轮) 与工件的接触电阻加热工件表层, 并快速冷却 (自冷) 的淬火。

(27) 电解液淬火 工件欲淬硬的部位浸入电解液中接阴极, 电解液槽接阳极, 通电后由于阴极效应而将浸入部位加热奥氏体化, 断电后被电解液冷却的淬火。

(28) 光亮淬火 工件在可控气氛、惰性气体或真空中加热, 并在适当介质中冷却, 或盐浴加热在水浴中冷却, 以获得光亮或光洁金属表面的淬火。

(29) 形变淬火 工件热加工成形后由高温淬冷的淬火。常用的是锻造余热淬火。

(30) 延迟淬火 (预冷淬火) 工件加热奥氏体化后浸入淬火冷却介质前先在空气中停留适当时间 (延迟时间) 的淬火。

(31) 定时淬火 工件在淬冷介质中按工艺规定时间停留的淬火。

(32) 冷处理 工件淬火冷却到室温后, 继续在一般制冷设备或低温介质中冷却的工艺。

(33) 深冷处理 工件淬火后继续在液氮或液氮蒸气中冷却的工艺。

(34) 淬硬性 以钢在理想条件下淬火所能达到的最高硬度来表征的材料特征。

(35) 淬透性 以在规定条件下钢试样淬硬深度和硬度分布表征的材料特性。

(36) 淬硬层 工件从奥氏体状态急冷硬化的表层。一般以有效淬硬深度来定义。

(37) 有效淬硬深度 从淬硬的工件表面量至规定硬度值 (一般为 550HV) 处的垂直距离。

(38) 临界直径 钢制圆柱试样在某种介质中淬冷后, 中心得到全部马氏体或 50% 马氏体组织的最大直径, 以 d_c 表示。

(39) 理想临界直径 在淬火冷却烈度为无限大的理想淬冷介质中淬火冷却时, 圆柱钢试样全部淬透的临界直径, 用 d_{ic} 表示。

(40) 端淬试验 将标准端淬试样 ($\phi 25\text{mm} \times 100\text{mm}$) 加热奥氏体化后, 在专用设备上对其下端喷水冷却后, 沿轴线方向测出硬度-距水冷端距离的关系曲线的试验方法, 它是测定钢的淬透性的主要方法。

(41) 淬透性曲线 用钢试样进行端淬试验测得的硬度距水冷端距离的关系曲线。

(42) 淬透性带 同一牌号的钢因化学成分或奥氏体晶粒度的波动而引起的淬透性曲线变动的范围。